

成果与方法

遥感技术在临沂地区地热资源勘查中的应用

* 巩贵仁,唐孟武,逯光明,曹洪松,石建,贾广斌,刘淑萍,孟静,陈玉成,邓先睿

(山东省国土测绘院,山东 济南 250013)

摘要:应用遥感技术和遥感卫星数据,通过图像信息提取,建立与地热资源有关的解译标志,进行野外验证,快速、准确地对临沂地区地热资源的地层、岩体、构造进行解译,初步建立了遥感地热资源模型。该方法克服了传统调查方法周期长、费用高等缺点,弥补了常规方法难以发现地热异常调查的缺陷。

关键词:地热资源;遥感卫星数据;遥感地热资源模型;临沂地区;山东省

中图分类号:P407.6;P314.1

文献标识码:A

临沂地区地处山东省东南部,郯庐断裂带的中段,地质构造环境复杂,蕴藏着丰富的地热资源。目前该区地热仅发现几处,新的地热资源至今未有突破。此次利用遥感卫星数据中的热红外信息找寻地热资源,已发现该区有48处地热资源遥感异常,其中30号司马异常在2007年12月当钻孔钻至65m处见36℃地热水,涌水量充沛,说明利用遥感技术找寻隐伏地热资源是行之有效的。

1 地质背景

研究区大地构造属华北地台鲁西地块和鲁东地块2个Ⅱ级大地构造单元,二者被沂沭断裂带分开(图1)。该区主要位于鲁西地块和沂沭断裂带中,仅莒南县和临沭县属于鲁东地块。复杂的地质构造,为区内地热资源形成提供了地质条件,是地热资源较丰富地区。

1.1 地层特征

区内地层发育较全,地层单元较多,从太古宙至新生代均有发育,组成了该区复杂的地层系统,同时也蕴藏着丰富的地热资源。在沂沭断裂带以西地区古生代地层的灰岩层位中,含有丰富的地下水资源,为地热形成提供了水源条件,页岩层为隔热保温起到遮挡作用。

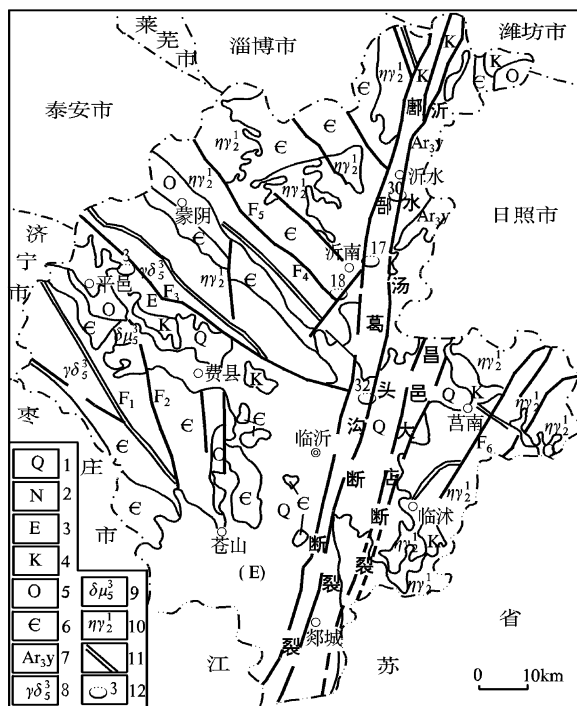


图1 临沂市地热地质背景略图

1—第四系;2—新近系;3—古近系;4—白垩系;5—奥陶系;6—寒武系;7—沂水岩群;8—花岗岩闪长岩;9—闪长玢岩;10—二长花岗岩;11—韧性剪切带;12—重要地热异常及编号;F₁—甘霖断裂;F₂—燕甘断裂;F₃—蒙山断裂;F₄—新泰—垛庄断裂;

F₅—铜冶店—孙祖断裂;F₆—相邸断裂

* 收稿日期:2008-02-22;修订日期:2008-05-10;编辑:陶卫卫

作者简介:巩贵仁(1963-),男,山东东平人,高级工程师,主要从事测绘、遥感、地质矿产技术管理及研究工作。

1.2 岩浆岩特征

岩浆岩分布广泛,岩石类型发育齐全,从超基性—基性—中性—酸性均有发育。岩浆活动由早到晚分为迁西期、阜平期、五台期、吕梁期、四堡期、晋宁期、震旦期、加里东期、印支期、燕山晚期。复杂而频繁的岩浆活动不仅从地壳深部携带出大量热能,同时岩体中所含放射性元素在衰变过程中也释放热能,从而为该区地热资源形成提供了丰富热能。

1.3 构造特征

沂沭断裂带切割地幔较深,是一条至今仍在活动的深大断裂。区内地质构造复杂,自太古宙以来经历了多期变形运动。受沂沭断裂带强烈活动影响,其他方向断裂也十分发育(图1)。该断裂带不但控制了地层展布,岩浆活动也沿断裂侵入,同时把深部热液沿断裂向浅部运移,为地热形成提供了通道和储存空间,所以临沂市丰沛的地热资源与沂沭断裂带关系极为密切^[1]。

1.4 水文地质特征

沂沭断裂带以西中低山丘陵水文地质区,分布有大面积碳酸盐岩类裂隙岩溶水,是大、中型集中供水水源地主要分布区和大泉的主要出露区,尤其是古生代奥陶纪和晚寒武世灰岩、白云质灰岩、泥灰岩等层位,厚度大,分布广,裂隙岩溶发育,相互连通,为地下水提供了充裕的赋存空间和水源;临沂市城区以南大片平原水文地质区储水空间巨大,为丰富的第四纪含水层;沂沭断裂带以东低山丘陵水文地质区以裂隙水为主,主要赋存在风化裂隙中,地下水分布主要受地表水的影响,属水资源匮乏地区。临沂市为水资源相对充沛地区,为地热形成提供了较丰富的水资源^[2]。

2 地热资源遥感影像特征

地热资源的形成是经过复杂的地质作用,在特定条件下,地下水经过深循环而成热水,热水通过断裂构造、岩石裂隙、节理以及土壤的孔隙向地表散热,并能产生中、远红外电磁辐射,这种由物体内部粒子和热运动所引起的电磁辐射就是热辐射。大量事实证明,不同温度物体发射出的电磁辐射的强烈程度及其按波长的分布是不同的,因此用温度作为热辐射能量的绝对质量是一种很方便可靠的方法,这种方法可以直接从钻探过程中极易发现地热,而

埋藏在地下的热水无法用测温法测量温度,所以在隐伏区找寻地热资源难度较大。

在地质调查中,主要是根据地温增加而产生的地热异常来找寻地热资源。遥感信息对地热产生的热红外信息特别敏感,遥感热红外扫描图像是地热发射热红外波段的热像,简称热图像。遥感找寻地热资源,就是充分利用地热的物理特性所产生的热红外信息来找寻地热,该技术在隐伏区找寻地热资源也日渐成熟,已得到广泛应用。遥感热红外图像的色调深浅,直接反映地热在热红外波段热辐射能量的强弱。地热热辐射能量大多取决于地热本身温度的强弱,因此热图像的色调主要反映地热温度的强弱程度。热图像上,真实温度或发射率大的强辐射体为浅色调,常称为“暖信息”、“暖色调”;反之则为“深色调”,称“冷色调”。通过地热遥感信息的提取,测区共发现48处遥感地热异常,其中有4处异常已被开发利用,而3号柏林异常进入详查中(表1,图1)。从地质角度上讲,地热资源的形成是经过一系列地质作用,同时也受地球热状态等因素控制,地热资源形成必须具备3个要素:①有大量热输出的天然热源;②有渗透性良好的热储层(含水层);③有致密的盖层^[3]。

遥感卫星数据中包含7个波段,其光谱范围为0.45~12.50 μm,每1个波段突显出同物体的特性,TM₆波段是热红外波段,接受10.40~12.50 μm范围的信息,对热异常敏感,它不仅能反映出地表的热辐射信息,同时也能不同程度地反映地下隐伏地热信息,波段范围及用途见表2。尤其经过图像处理,可以明显地反映出地热异常信息,通过剔除干扰因素后,可以直接圈定出地热异常分布范围和形态大小。通过全方位解译,临沂市解译出地热异常48处,经野外验证均为地热引起,说明遥感信息找寻隐伏地热资源是切实可行的。

3 遥感地热资源模型的建立

工作区处在沂沭断裂带中,构造活动强烈,地震频频发生,为活动性断裂。从热流值分析,全球大地热流值平均为63mW/m²,而该区热流值高达75mW/m²,高出地球平均热流值10mW/m²左右,说明该区大地热流值高于周围地区,加之板块的俯冲作用,使深部通道、上地幔热流物质上涌至上地壳以及地表,形成上地壳岩浆囊和火山活动,所以该区地

热资源相对富集,与断裂活动关系极为密切。第四纪孔隙型热储和基岩型热储在临沂市同时存在,在地热遥感异常上往往有多条不同方向断裂构造复合

交汇,这就为地热水循环提供了通道条件。地下水由于存在地表压力差异,进而在沂南县新王沟和汤头等地,形成沿断裂构造上升的地热泉(图2)。

表1 临沂地区地热资源主要遥感异常

异常编号	名称	地理位置	面积(km ²)	形态	异常地质特征	预测-1000m温度(℃)	备注
3	柏林异常	距平邑县城东约10km,柏林镇至柘沟柘一带	48.5	似椭圆形	受NW向断裂构造和近EW向构造复合控制,异常在凸起与凹陷交接处,第四系覆盖层下为新近纪地层。异常呈浅桔红带微红色调,中心色调深,边部浅	48.6	平邑县
17	新王沟异常	距沂南县北约6km,铜井镇与新王沟一带	27.1	短柱状	受郯部-葛沟断裂与NW向多组断裂复合控制,出露地层为寒武-奥陶纪灰岩以及花岗闪长岩。浅桔红色加浅玫瑰红色,界线可见	73.1	沂南县(已利用)
18	孙祖异常	距沂南县城以西约10km,孙祖镇以东地带	50.9	不规则状	受NW向、NE向断裂复合控制,出露地层主要为古生代寒武纪灰岩,在异常的西北侧见二长花岗岩侵入体。异常色调鲜艳,边界清晰	53.4	沂南县(旅游开发区)
30	司马异常	沂南县与沂水县交界处,沂河东岸	29.2	不规则状	受沂水-汤头断裂与近NE向断裂交汇控制,异常略显平滑,但边界线清晰,可辨认	41.2	沂水、沂南县(钻至65m处见36℃热水)
32	汤头异常	距河东区北约23km,汤头镇一带	37	不规则状	NE向郯部-葛沟及沂水-汤头断裂与近SN向郑家庄断裂和NEE向汤头断裂复合控制。热储层为中生代白垩纪青山群火山岩系	72.6	河东区(开发利用)

表2 TM,ETM 图像波谱范围及用途

波段编号	波长(μm)	主要用途
1	0.45~0.52(蓝色)	解译第四系、各类地质体、各地层单元、岩石类型、地形地貌、生态环境、工农业建设监控、植被等
2	0.52~0.60(绿色)	
3	0.63~0.69(红色)	
4	0.76~0.90(近红外)	解译构造、褶皱、断裂、韧性剪切带等构造形迹
5	1.55~1.75(中红外)	
6	10.40~12.50(热红外)	解译地下潜伏构造、地下水资源、地热分布特征等
7	2.08~3.35(中红外)	

图2中可以看出,地热形成离不开热源、构造通道和地下水的深循环,同时还要有存热地质条件,地下水才会形成,在遥感影像上才会留下地热信息,地热水温高,其遥感异常信息就表现清晰,地热色调就浓,边界线也易识别,影纹也显示突出。TM₅, TM₄, TM₃ 波段假彩色合成图像中,与热活动有关的地层和土壤呈浅红至浅桔黄色调,这是TM₅(红光)反映蚀变岩石和土壤与TM₃(兰光)反应地下水合成效应的结果,是地热遥感异常所呈现的异常遥感色调,同时,也是找寻地下热水的直接解译标志,主要分布于山间盆地、丘陵及构造复合交汇地段,没有热水的地段在遥感影像上多呈绿色调。

TM₆是热红外波段,对地热信息极为敏感,是地物温度的函数,其波谱范围在10.4~12.5 μm。该

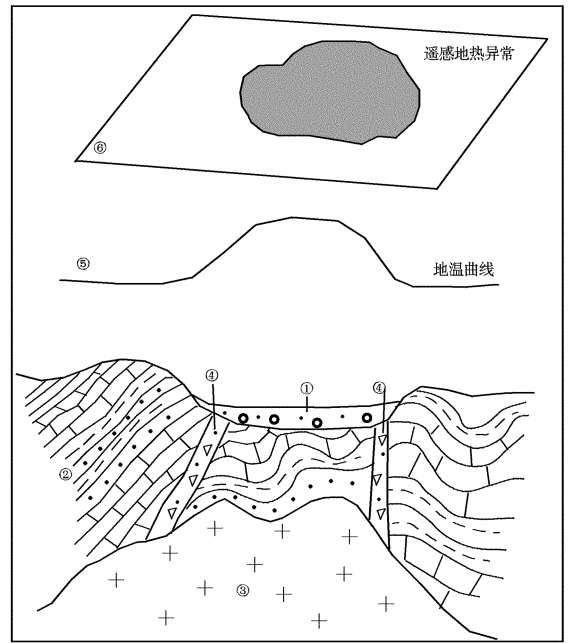


图2 岩浆活动、断裂构造与遥感地热异常模型示意图

- ①—第四系;②—地层;③—花岗岩;④—构造带;
- ⑤—地温曲线;⑥—地热异常

区TM₆灰度值在100~136之间。分析TM₆波段直方图,并对其进行优密度分割。以沂南县新王沟和河东区汤头温泉作试验区,结合其灰度范围值,进行3×3像元空间均值滤波和彩色密度分割,将TM₆灰

度值 100 ~ 136 设为背景值范围,当灰度值在 112 ~ 118 设为地热一般异常,其像元素在 2000 ~ 5000;灰度值在 118 ~ 123 时,其像元素可达 8000 ~ 11200,明显高出一般像元素 3000 ~ 6200,此值就可表现为地热异常。而植被和无关地物的干扰,灰度值在 104 ~ 112 和 132 ~ 136 之间,像元素分别为 200 ~ 2500 和 2400 ~ 150,均属背景值内;显然地热异常则在高亮度值范围内(图 3)。

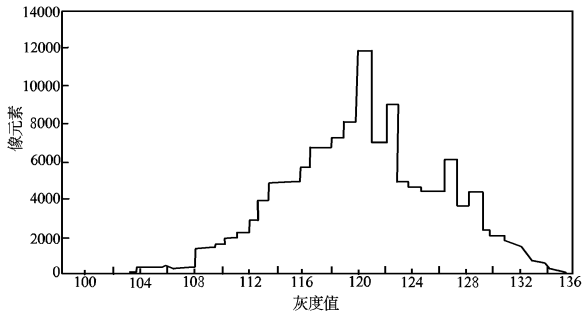


图 3 TM₆ 波段灰度值直方图

较小的地热异常一般分布于断裂构造交汇复合部位,也就是地热遥感异常的核心部位。在较大的断裂构造汇合部位,地热异常多呈半环状,不规则椭圆形态展布,这是由于断裂遮挡所致,地热异常出露于断裂构造的下盘。

遥感地热资源模型,除了常规的地热模型外,必须要与遥感影像所显示的地热异常的色调、影纹、图形、图像等综合遥感影像信息结合起来,才能建立起地热遥感影像模型^[4]。可以说临沂市所解译出的 48 处地热资源异常几乎全部控制在断裂构造交叉复合处。

4 结语

遥感卫星具有时空分辨率较高,多通道扫描等特点,充分利用地热资源遥感的 TM₆ 热红外、可见光和地热等多通道遥感资料,结合地质、构造、地貌、水文等信息,可以圈定出隐伏地下热水资源的面积,利用遥感热红外信息,在临沂市解译出的司马异常,充分说明利用遥感卫星数据找寻隐伏地热资源是行之有效的。

参考文献:

- [1] 李小凤. 郯庐断裂带[M]. 北京:地质出版社,2000,63.
- [2] 徐军祥,康凤新. 山东省地下水资源可持续开发利用研究[M]. 北京:海洋出版社,2001,215-226.
- [3] 刘时彬. 地热资源及其开发利用和保护[M]. 北京:化学工业出版社,2005,99.
- [4] 朱亮璞. 遥感地质学[M]. 北京:地质出版社,1999,96.

Application of Remote Sensing Technology in Geothermal Exploration in Linyi Area

GONG Gui-ren, TANG Meng-wu, LU Guang-ming, CAO Hong-song, SHI Jian, JIA Guang-bin, LIU Shu-ping, MENG Jing, CHEN Yu-cheng, DENG Xian-rui

(Shandong Geological Mapping and Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: By using satellite remote sensing technology and remote sensing data, through image information extraction to establish interpretation signs of geothermal resource, and carrying out field verification, strata, rock and property of geothermal resource in Linyi area are interpreted rapidly and accurately, and remote sensing geothermal resource model is set up primarily. This method can overcome the shortcomings of long cycle and high cost of traditional survey methods, and covering the shortcomings which is difficult to find the geothermal anomaly in investigation.

Key words: Geothermal resource; remote-sensing satellite data; remote-sensing geothermal model; Linyi area; Shandong province